

УДК 637.024

Ворощук В.Я., Шинкарик М.М.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИРКОВИХ МАС

Voroshchuk V., Shynkaryk M.

### FEATURES OF INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CURD

Сиркові маси на основі сиру кисломолочного досить відмінні за своїм складом, оскільки включають добавки різного роду: фруктові і зернові наповнювачі, цукор, крохмаль та ін., відповідно володіють різними реологічними властивостями. Реологічні властивості також змінюються в процесі обробки і в певній мірі визначають якість продукту, а також умови роботи змішувачів, дозаторів, умови транспортування продукту. Одним із найсуттєвіших чинників, які впливають на реологічні характеристики сиркових мас є тепла обробка.

Дослідження реологічних характеристик виконали для продукту “Ягідка” (ТУ 49 832-81 “Продукт кисломолочний з фруктовими і смаковими наповнювачами”) на установці «Rheotest 2». Межі вимірювання в'язкості від  $10^{-2}$  до  $10^4$  Па·с; швидкості зсуву від 0,1667 до 1458 с<sup>-1</sup>; напруги зсуву від 12 до 3000 Па; температури від -30 °С до +150 °С. Похибка вимірювань  $\pm 3\%$  (для ньютонівської рідини). Нагрів маси проводили на водяній бані при мінімальному перемішуванні маси, що дозволяло забезпечувати рівномірність нагрівання суміші. Температуру контролювали лабораторним термометром з точністю 0,5 °С, а потім термостатували в термостаті протягом 5 хв. Температура маси була рівна у всіх точках об'єму. Робочу частину віскозиметра попередньо термостатували до тієї ж температури, тобто зміни температури маси в процесі експерименту, який тривав до 5 хв, практично не відбувалось. Встановлені значення контрольних температур перебували в діапазоні 10 °С ... 65 °С при нагріванні і в діапазоні 65 °С ... 50 °С при охолодженні з інтервалом 5 °С.

При збільшенні швидкості зсуву напруження зсуву зростає у всьому досліджуваному діапазоні температур. Значне зростання напруження зсуву спостерігається при малих швидкостях зсуву в межах до  $\dot{\gamma} = 50$  1/с. Далі залежність  $\tau = f(\dot{\gamma})$  має майже лінійний характер і лінії при різних температурах проходить майже паралельно.

В процесі нагріву маси від температури 10 °С до 40 °С граничне напруження зсуву (рис. 1) зменшувалось на 17,6% від 9,1 Па до 7,5 Па. Швидке зростання граничного напруження зсуву спостерігається при подальшому нагріванні від 40 °С до 65 °С і складає 24% (від 7,5 Па до 9,3 Па). При охолодженні до 50 °С спостерігається порівняно незначне зростання граничного напруження зсуву від 9,3 Па до 9,6 Па.

Мінімальні значення темпу руйнування структури при 10 °С, в подальшому можна вважати темп руйнування структури майже сталим, оскільки зміна його значення при 55-60 °С обумовлена не зміною механічної обробки, а активним структуроутворенням. Дані результати свідчать про коректність експерименту.

В цілому можна відмітити чотири точки характеру зміни реологічних характеристик сиркових мас в процесі нагрівання, а саме: початок процесу нагрівання, початок структуроутворення, температура пастеризації і завершення процесу охолодження.

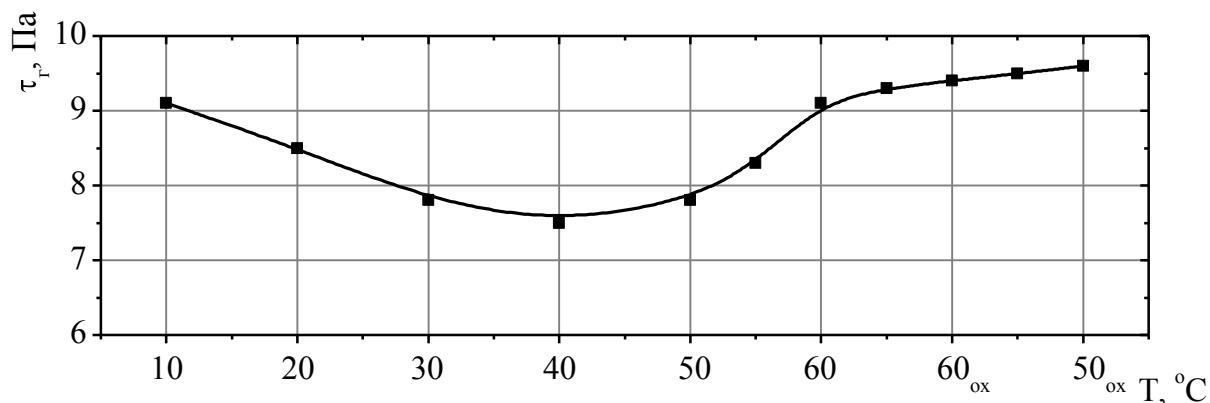


Рис. 1. Зміна граничного напруження зсуву від температури.

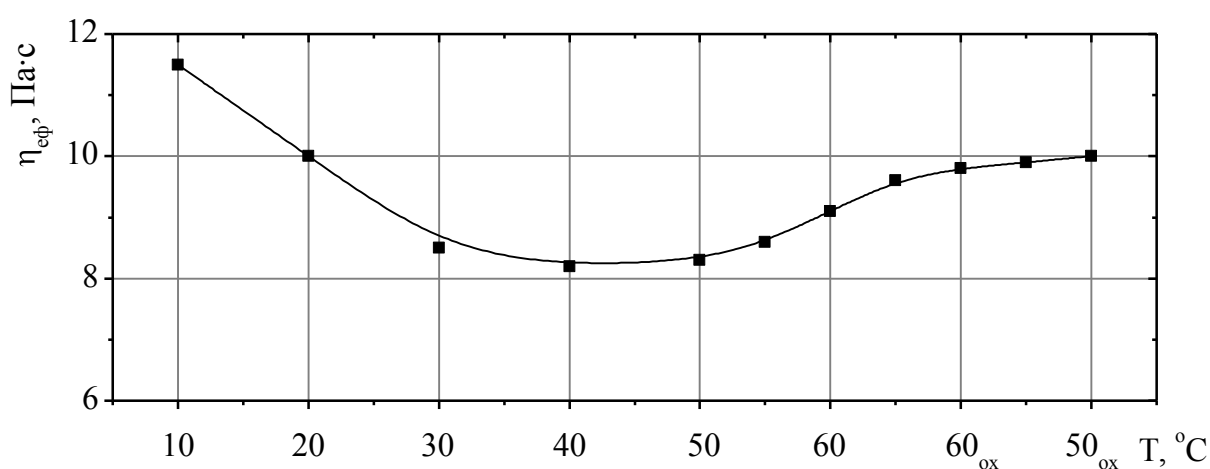


Рис. 2. Зміна ефективної в'язкості від температури.

Математичні залежності напруження зсуву і ефективної в'язкості для початку процесу нагрівання (10°C), температури пастеризації (65°C) і температури охолодження (50°C) мають вигляд відповідно для залежності Оствальда-де Вілля і Гершеля-Балклі:

при 10°C:  $\tau_r = 12,5 \cdot \gamma^{0,472}$ ;  $\tau_r = 9,1 + 11,5 \cdot \gamma^{0,475}$ .

$$\eta_{эф} = 12,5 \cdot \gamma^{-0,528}; \quad \eta_{эф} = \frac{9,1}{\gamma} + 11,5 \cdot \gamma^{-0,525}.$$

при 65°C:  $\tau_r = 11,6 \cdot \gamma^{0,410}$ ;  $\tau_r = 9,3 + 9,6 \cdot \gamma^{0,429}$ .

$$\eta_{эф} = 11,6 \cdot \gamma^{-0,590}; \quad \eta_{эф} = \frac{9,3}{\gamma} + 9,6 \cdot \gamma^{-0,571}.$$

при охолодженні до 50°C:  $\tau_r = 12,3 \cdot \gamma^{0,420}$ ;  $\tau_r = 9,6 + 10,0 \cdot \gamma^{0,434}$ .

$$\eta_{эф} = 12,3 \cdot \gamma^{-0,580}; \quad \eta_{эф} = \frac{9,6}{\gamma} + 10,0 \cdot \gamma^{-0,566}.$$